

**Kalkulator zużycia energii
w transporcie oraz emisji zanieczyszczeń
Metodologia obliczeń**

Spis treści

1.	Wstęp.....	4
2.	Dane wejściowe	5
2.1	Dane wejściowe poszczególnych aut	7
2.1.1	Skoda Fabia 1.0 TSI 70kW 5-M	7
2.1.2	Renault Clio 1.5 dCi Iconic 90.....	8
2.1.3	Renault Clio TCe 90 LPG.....	9
2.1.4	Toyota Yaris 1,5 Hybrid 100 KM VVT-i Active	10
2.1.5	Volkswagen e-up! 60kW/ 82KM automat	11
2.1.6	Skoda Octavia 1.5 TSI 110kW 6-M.....	12
2.1.7	Skoda Octavia 1.6 TDI 85kW 7-A DSG.....	13
2.1.8	Dacia Logan TCe 90 LPG	14
2.1.9	Octavia Combi G-TEC CNG	15
2.1.10	Toyota Auris 1.8 Hybrid 136 KM.....	16
2.1.11	Nissan Leaf 40kWh automat.....	17
2.1.12	Nissan Qashqai DIG-T 140 manual.....	18
2.1.13	Nissan Qashqai DCI 115 manual	19
2.1.14	Dacia Duster SCe 115 4x2 LPG	20
2.1.15	Toyota RAV4 2.5 Hybrid Dynamic Force 218 KM.....	21
2.1.16	TESLA Model X 100D Dual Motor 100 kWh AWD Auto	22
3.	Metodologia obliczeń	23
4.	Silniki wysokoprężne – olej napędowy wskaźniki obliczeń <i>CO₂</i> , <i>NO_x</i> , <i>PM</i>	24
4.1	Emisja <i>CO₂</i>	24
4.2	Emisja <i>NO_x</i>	25
4.3	Emisja <i>PM</i>	27
5.	Silniki benzynowe – PB wskaźniki obliczeń <i>CO₂</i> , <i>NO_x</i> , <i>PM</i>	29
5.1	Emisja <i>CO₂</i>	29
5.2	Emisja <i>NO_x</i>	30
5.3	Emisja <i>PM</i>	32
6.	Silniki elektryczne wskaźniki obliczeń <i>CO₂</i> , <i>NO_x</i> , <i>PM</i>	34
6.1	Emisja <i>CO₂</i>	34
6.2	Emisja <i>NO_x</i>	35

6.3	Emisja PM.....	37
7.	Silniki hybrydowe PHEV wskaźniki obliczeń <i>CO2, NOx, PM</i>	39
7.1	Emisja <i>CO2</i>	39
7.2	Emisja <i>NOx</i>	41
7.3	Emisja PM.....	42
8.	Silniki CNG wskaźniki obliczeń <i>CO2, NOx, PM</i>	44
8.1	Emisja <i>CO2</i>	45
8.2	Emisja <i>NOx</i>	46
8.3	Emisja PM.....	48
9.	Silniki LPG wskaźniki obliczeń <i>CO2, NOx, PM</i>	50
9.1	Emisja <i>CO2</i>	50
9.2	Emisja <i>NOx</i>	51
9.3	Emisja PM.....	53
10.	Emisja <i>CO2</i> dla aut elektrycznych bazując na ElectricityMap	55
11.	Emisja dla rowerów elektrycznych – metodologia obliczeń.....	57
11.1	Emisja <i>CO2</i>	57
11.2	Emisja <i>PM i NOX</i>	57
	Spis ilustracji	59
	Dodatkowe źródła.....	60
	Przypisy końcowe.....	61

1. Wstęp

Emisje z transportu drogowego są generowane podczas produkcji paliwa, produkcji pojazdów, a także przy procesie recyklingu czy utylizacji pojazdów. Emisje te można podzielić na następujące kategorie:

- Bezpośrednie (wyprodukowane podczas eksploatacji pojazdu);
- Pośrednie (wytworzone podczas produkcji paliwa oraz podczas dalszego procesu utylizacji pojazdu).

Oprócz bezpośrednich emisji (rury wydechowej), kalkulator emisji zanieczyszczeń szacuje również emisje pośrednie, ponieważ stanowią one znaczną część wytworzonych emisji ogółem.

Ponadto, w przypadkach gdy wykorzystywane są pojazdy elektryczne, wszystkie emisje związane z emisją zanieczyszczeń związane są bezpośrednio z produkcją prądu przez elektrownie.

Kalkulator emisji zanieczyszczeń szacuje zakres bezpośrednich i pośrednich emisji do powietrza wynikających z cykli paliwowych i cykli pojazdów.

Emisje oszacowane przez kalkulator zawierają: emisje tlenku azotu (NO_x), cząstki o wielkości do 10 mikronów (PMs lub PM10) i dwutlenku węgla (CO₂).

2. Dane wejściowe

Wzór metryk z jednostkami danych wejściowych niezbędnych do wyliczeń emisji zanieczyszczeń pojedynczego auta w odniesieniu do produkowanych zanieczyszczeń. Poniżej przedstawiony został schemat danych wejściowych odnoszących się bezpośrednio do emisji z pojazdów w jednostkach (metrykach) i ich współczynniki korygujące.

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO ₂ przez rurę wydechową auta	g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	l/100km	MPG		
Oficjalne zużycie prądu	kWh/100km	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	l/100km	MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	l/100km	MPG		
Rzeczywiste zużycie (prąd)	kWh/100km	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 5)	mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 6)	mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM ₁₀	mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Pośrednie emisje z paliw i pojazdów oraz współczynniki skalowania

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO ₂	GJ	GJ	MJ/l MJ/kWh
Produkcja NO _x	GJ	GJ	
Produkcja PM ₁₀	GJ	GJ	
Produkcja CO ₂ przez pojazd	g/kg-km		
Produkcja NO _x przez pojazd	g/kg-km		
Produkcja PM ₁₀ przez pojazd	g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	kg		

Kalkulator emisji zanieczyszczeń szacuje całkowite emisje dwutlenku węgla (CO₂), azotu tlenków (NO_x) i cząstek stałych (PM₁₀). Kalkulator podaje również podział sumy zgodnie z emisjami bezpośrednimi (emisja z rury wydechowej w punkcie użycia) i emisjami pośrednimi (emisje generowane podczas produkcji paliwa i pojazdów). Dla wszystkich typów pojazdów bezpośrednio emisje spalin z rury wydechowej są obliczane poprzez pomnożenie oficjalnej lub rzeczywistej wielkości emisji (w gramach na km) według odległości podróży, oraz czynnik reprezentujący styl jazdy ("normalny") wynoszący jeden (1.0). W przypadku bezpośrednich emisji CO₂, czynniki reprezentujące styl jazdy odzwierciedlają dowody przedstawione przez Organizację Energy Saving Trust (EST).ⁱ Na podstawie przeprowadzonych testów przez EST ekologiczny czynnik napędowy wynoszący 1.0 jest zatem zakładany dla wszystkich typów pojazdów.ⁱⁱ

W przypadku bezpośrednich emisji NO_x, czynniki reprezentujące styl jazdy odzwierciedlają dowody przedstawione przez zbiory danych ICCT, które - wykorzystując analizę NGC - agresywna jazda może zwiększyć NO_x z rury wydechowej do 22% (współczynnik 1,22) dla samochodów z silnikiem wysokoprężnym. Kalkulator jednak zakłada styl zrównoważony będący podstawą do wyliczeń – zatem posłużono się współczynnikiem na poziomie 1.0 i nie stwierdzono potrzeby zmian na inne style jazdy niż normalny. Dane liczbowe sugerują również, że jazda ekologiczna może zmniejszyć emisję NO_x z rury wydechowej o około 10% (współczynnik 0,9).ⁱⁱⁱ

W przypadku bezpośrednich emisji cząstek stałych, oficjalne dane dotyczące emisji pochodzą z danych pochodzących z badań opublikowanych przez VCA i danych o pojazdach udostępnionych przez producentów. Biorąc pod uwagę obecne dowody, zakłada się, że rzeczywiste emisje cząstek stałych z rury wydechowej są w dużej mierze niezależne od warunków drogowych, cyklu testowego stylu jazdy.

Dla wszystkich typów pojazdów pośrednie emisje związane z produkcją paliwa oparte są na opublikowanych, cytowanych danych na podstawie dostarczonej energii (w gramach na giga dżul) dla NO_x, PMs i CO₂. Wartości te są następnie mnożone przez oficjalne lub rzeczywiste zużycie paliwa pojazdu (w litrach lub kWh na 100 km), odległość podróży oraz czynnik reprezentujący styl jazdy ("Normalny").^{iv}

Współczynniki stylu jazdy stosowane do skalowania pośrednich emisji CO₂, NO_x oraz PM są takie same jak w przypadku rur wydechowych CO₂. Odzwierciedlają one przedstawione dowody przez Energy Saving Trust (EST), że jazda ekologiczna może poprawić zużycie paliwa (a tym samym w przypadku samochodów z silnikami benzynowymi i wysokoprężnymi nawet o 15%). Ekologiczny czynnik napędowy wyniósł by zatem 1.15, jednak dla uproszczenia wyliczeń nie zakładamy ekonomicznej jazdy, zatem współczynnik ten wynosi 1.0 i jest zakładany dla wszystkich typów pojazdów. Zakłada się, że agresywna/szybka jazda pogarsza zużycie paliwa (a tym samym emisje) o podobną ilość.^v

Dla wszystkich typów pojazdów szacuje się pośrednie emisje z produkcji pojazdów, które stanowią emisję NO_x, PM i CO₂ związanych z produkcją pojazdu. Podejście to jest

następujące na podstawie emisji w przeliczeniu na kg dla każdego typu pojazdu (benzyna, olej napędowy, elektryczny itd.), który jest następnie pomnożona przez masę wybranego modelu. Kalkulator wyraża emisje pośrednie związane z produkcją pojazdu w przeliczeniu na g/km w całym okresie eksploatacji pojazdu (w oparciu o na łącznym przebiegu pojazdu wynoszącym 150 000 km).^{vi}

2.1 Dane wejściowe poszczególnych aut

2.1.1 Skoda Fabia 1.0 TSI 70kW 5-M^{vii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO ₂ przez rurę wydechową auta	106 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	4.4 l/100km	63.7 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	4.4 l/100km	63.7 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	6.3 l/100km	44.9 MPG	1.41	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 6)	27 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM ₁₀	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO ₂	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NO _x	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM ₁₀	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO ₂ przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NO _x przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM ₁₀ przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1564 kg		

2.1.2 Renault Clio 1.5 dCi Iconic 90^{viii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	106 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	4.0 l/100km	70 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	4.0 l/100km	70 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	5.7 l/100km	50 MPG	1.4	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	52 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	14200 g/GJ	-	35.9 MJ/l
Produkcja NOx	36.1 g/GJ	-	
Produkcja PM10	1.1 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	19.0 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.008 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1651 kg		

2.1.3 Renault Clio TCe 90 LPG^x

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO ₂ przez rurę wydechową auta	133 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	6.5 l/100km	65 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	6.5 l/100km	65 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	7.7 l/100km	55 MPG	1.22	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 6)	22 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM ₁₀	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO ₂	21200 g/GJ	-	27.7 MJ/l
Produkcja NO _x	35.4 g/GJ	-	
Produkcja PM ₁₀	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO ₂ przez pojazd	20.5 g/kg-km		
Produkcja NO _x przez pojazd	0.015 g/kg-km		
Produkcja PM ₁₀ przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1588 kg		

2.1.4 Toyota Yaris 1,5 Hybrid 100 KM VVT-i Active*

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	84 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	3.5 l/100km	80 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	3.5 l/100km	80 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	5.0 l/100km	57 MPG	1.4	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	27 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NOx	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1545 kg		

2.1.5 Volkswagen e-up! 60kW/ 82KM automat^{xi}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	0 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	-	-		
Oficjalne zużycie prądu	11.7 kWh/100km	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (prąd)	14.7 kWh/100km	-	1.25	
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	0 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	-	139146 g/GJ	3.6 MJ/kWh
Produkcja NOx	-	301 g/GJ	
Produkcja PM10	-	7.94 g/GJ	
Produkcja CO2 przez pojazd	25.3 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1530 kg		

2.1.6 Skoda Octavia 1.5 TSI 110kW 6-M^{xii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	119 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	5.0 l/100km	57 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	5.0 l/100km	57 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	7.1 l/100km	40 MPG	1.42	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	34 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NOx	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1862 kg		

2.1.7 Skoda Octavia 1.6 TDI 85kW 7-A DSG^{xiii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	105 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	3.9 l/100km	72 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	3.9 l/100km	72 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	5.5 l/100km	51 MPG	1.41	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	36 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	14200 g/GJ	-	35.9 MJ/l
Produkcja NOx	36.1 g/GJ	-	
Produkcja PM10	1.1 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	19.0 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.008 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1897 kg		

2.1.8 Dacia Logan TCe 90 LPG^{xiv}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	137 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	6.8 l/100km	65 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	6.8 l/100km	65 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	8.0 l/100km	55 MPG	1.18	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	22 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	21200 g/GJ	-	27.7 MJ/l
Produkcja NOx	35.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	20.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.015 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1695 kg		

2.1.9 Octavia Combi G-TEC CNG^{xv}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO ₂ przez rurę wydechową auta	96 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	5.4 l/100km	75 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	5.4 l/100km	75 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	6.0 l/100km	62 MPG	1.2	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 6)	34 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM ₁₀	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO ₂	19500 g/GJ	-	25.4 MJ/l
Produkcja NO _x	34.2 g/GJ	-	
Produkcja PM ₁₀	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO ₂ przez pojazd	20.1 g/kg-km		
Produkcja NO _x przez pojazd	0.014 g/kg-km		
Produkcja PM ₁₀ przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1926 kg		

2.1.10 Toyota Auris 1.8 Hybrid 136 KM^{xvi}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	94 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	3.9 l/100km	72 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	3.9 l/100km	72 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	5.6 l/100km	51 MPG	1.41	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	27 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NOx	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1545 kg		

2.1.11 Nissan Leaf 40kWh automat^{xvii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	0 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	-	-		
Oficjalne zużycie prądu	14.6 kWh/100km	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (prąd)	20.4 kWh/100km	-	1.39	
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	0 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	-	139146 g/GJ	3.6 MJ/kWh
Produkcja NOx	-	301 g/GJ	
Produkcja PM10	-	7.94 g/GJ	
Produkcja CO2 przez pojazd	25.3 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1995 kg		

2.1.12 Nissan Qashqai DIG-T 140 manual^{xviii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	121 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	5.1 l/100km	56 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	5.1 l/100km	56 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	7.2 l/100km	39 MPG	1.43	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	27 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NOx	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1840 kg		

2.1.13 Nissan Qashqai DCI 115 manual^{ix}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	105 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	3.8 l/100km	75 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	3.8 l/100km	75 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	5.5 l/100km	53 MPG	1.41	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	52 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	14200 g/GJ	-	35.9 MJ/l
Produkcja NOx	36.1 g/GJ	-	
Produkcja PM10	1.1 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	19.0 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.008 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1860 kg		

2.1.14 Dacia Duster SCe 115 4x2 LPG^{xx}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO ₂ przez rurę wydechową auta	182 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	7.1 l/100km	52 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	7.1 l/100km	52 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	12.0 l/100km	39 MPG	1.3	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NO _x (Euro 6)	41 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM ₁₀	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO ₂	21200 g/GJ	-	27.7 MJ/l
Produkcja NO _x	35.4 g/GJ	-	
Produkcja PM ₁₀	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO ₂ przez pojazd	20.5 g/kg-km		
Produkcja NO _x przez pojazd	0.015 g/kg-km		
Produkcja PM ₁₀ przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1712 kg		

2.1.15 Toyota RAV4 2.5 Hybrid Dynamic Force 218 KM^{xxi}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	102 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	4.3 l/100km	65 MPG		
Oficjalne zużycie prądu	-	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	4.3 l/100km	65 MPG		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	6.2 l/100km	46 MPG	1.4	
Rzeczywiste zużycie (prąd)	-	-		
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	27 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	12500 g/GJ	-	32.2 MJ/l
Produkcja NOx	42.4 g/GJ	-	
Produkcja PM10	2.4 g/GJ	-	
Produkcja CO2 przez pojazd	21.5 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.046 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.007 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	1545 kg		

2.1.16 TESLA Model X 100D Dual Motor 100 kWh AWD Auto^{xxii}

Opis	Metryka	Współczynnik korygujący	Czynnik MPG / EV	Czynnik NOx
Oficjalne dane dot. emisji CO2 przez rurę wydechową auta	0 g/km	-		
Oficjalne zużycie paliwa	-	-		
Oficjalne zużycie prądu	22.0 kWh/100km	-		
Oficjalne zużycie paliwa (tylko paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (paliwo)	-	-		
Rzeczywiste zużycie (prąd)	27.5 kWh/100km	-	1.25	
Styl jazdy	Normalny	-	1.0	1.0
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 5)	-	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej NOx (Euro 6)	0 mg/km	-		
Oficjalna emisja z rury wydechowej PM10	0 mg/km	-		
Przejechany dystans	100 km	-	-	-

Opis	Emisja (paliwo)	Emisja (prąd)	Gęstość energii
Produkcja CO2	-	139146 g/GJ	3.6 MJ/kWh
Produkcja NOx	-	301 g/GJ	
Produkcja PM10	-	7.94 g/GJ	
Produkcja CO2 przez pojazd	25.3 g/kg-km		
Produkcja NOx przez pojazd	0.045 g/kg-km		
Produkcja PM10 przez pojazd	0.006 g/kg-km		
Maksymalna masa pojazdu	2491 kg		

3. Metodologia obliczeń

Emisje pochodzące z pośredniej produkcji paliw pochodzą z opublikowanych danych przytoczonych na podstawie dostawy energii (g/GJ): CO, NO_x, PM₁₀ i CO₂. Dane pochodzą z Departamentu Środowiska, Żywności i Spraw Wsi (Defra), Departamentu ds. Europejskiego Wspólnego Centrum Badawczego (JRC)³ oraz w przypadku braku wiarygodnych danych oparte na północnoamerykańskim modelu GREET. Dane są następnie mnożone przez zużycie paliwa w pojeździe (MJ/km) i współczynnik przeliczeniowy na podaż wielkość emisji z produkcji paliwa w g/km.

Biorąc pod uwagę, że dane dotyczące emisji z produkcji pojazdów pośrednich nie są ogólnie dostępne dla wszystkich modeli, wybrano modele, które oparte są zarówno na opracowaniu projektu GREET i ogólnodostępnych danych producenta dotyczących ich wykorzystania do ilościowego określenia emisji cyklu życia pojazdu. Metoda ta umożliwia oszacowanie emisji związanych z produkcją tych pojazdów. W połączeniu z założeniami dotyczącymi przebiegu w całym okresie eksploatacji, dla emisji można obliczyć w g/km-kg.

Podejście przyjęte w metodologii GREET wymaga analizy następujących elementów:

- masa pojazdu (masa własna w kg);
- pojazd masa całkowita (kg);
- produkcja każdej kategorii materiałów (g/kg);
- energia całkowita wymagana do montażu pojazdu (MJ).

Dla każdego pojazdu masę każdego składnika mnoży się przez odpowiednie emisje na jednostkę masy związane z produkcją materiałów. Przedstawia to szacunkowy profil emisji z produkcji związanych z danym typem pojazdu.

Biorąc pod uwagę różnice w składzie poszczególnych typów pojazdów, za siedem typów pojazdów przyjmuje się, że reprezentują one wszystkie pojazdy analizowane w ramach niniejszej oceny emisji zanieczyszczeń niezbędne przy realizacji kalkulatora, tj.: benzyna, olej napędowy do silników wysokoprężnych, LPG, CNG, benzynowy hybrydowy HEV, akumulatorowy elektryczny.

W przypadku pojazdów napędzanych benzyną, olejem napędowym, hybrydami benzynowymi i ogniwami paliwowymi stosuje się dane GREET.

4. Silniki wysokoprężne – olej napędowy wskaźniki obliczeń CO_2 , NO_x , PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym.

4.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$CO_2(sm) = CO_2e(ru) + CO_2e(pa) + CO_2e(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

4.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$NO_x(sm) = NO_xe(ote) + NO_xe(pa) + NO_xe(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_xe(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_xe(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_xe(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(ru) = NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(pa) = NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

4.3 Emisja **PM**

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = PMe(ote) + PMe(pa) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchy wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

5. Silniki benzynowe – PB wskaźniki obliczeń CO_2, NO_x, PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym.

5.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$CO_2(sm) = CO_2e(ru) + CO_2e(pa) + CO_2e(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchy wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

5.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$NO_x(sm) = NO_xe(ote) + NO_xe(pa) + NO_xe(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_xe(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_xe(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_xe(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(ru) = NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(pa) = NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

5.3 Emisja **PM**

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = PMe(ote) + PMe(pa) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchy wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

6. Silniki elektryczne wskaźniki obliczeń CO_2 , NO_x , PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym.

6.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$CO_2(sm) = CO_2e(ru) + CO_2e(pa) + CO_2e(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

6.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$NO_x(sm) = NO_xe(ote) + NO_xe(pa) + NO_xe(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_x e(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_x e(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_x e(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(ru) = NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(pa) = NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

6.3 Emisja PM

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = PMe(ote) + PMe(pa) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

7. Silniki hybrydowe PHEV wskaźniki obliczeń CO_2, NO_x, PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym.

7.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km. Proporcja zużycia prądu do silnika benzynowego wynosi 50%.

$$CO_2(sm) = 0.5 * (CO_2e(ru)) + 0.5 * (CO_2e(pa)) + CO_2e(po))$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = 0.5 * (CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT)$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = 0.5 * (CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT) + 0.5 * (CO_2(fe) * RWFE_{ee} * E_{De} * MPG_{SJe} * DTe)$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

$CO_2(fe)$ – emisja dwutlenku węgla przez prąd.

$RWFE_{ee}$ – rzeczywiste zużycie prądu przez auto na 100km.

E_{De} – gęstość energii elektrycznej wyrażana w MJ/kWh

MPG_{SJe} – czynnik MPG prądu na podstawie stylu jazdy.

DTe – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

7.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km. Proporcja zużycia prądu do silnika benzynowego wynosi 50%.

$$NO_x(sm) = 0.5 * (NO_xe(ote)) + 0.5 * (NO_xe(pa)) + NO_xe(po))$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_xe(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_xe(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_xe(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(ru) = 0.5 * (NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT)$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(pa) = 0.5 * (NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT) + 0.5 * ((NO_x(fpe) * RWFE_{ee} * E_{De} * MPG_{SJe} * DTe)$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

$NO_x(fpe)$ – emisja NO_x przez prąd elektryczny.

$RWFE_{ee}$ – rzeczywiste zużycie prądu przez auto na 100km.

E_{De} – gęstość energii wyrażana w MJ/kWh

MPG_{SJe} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT_e – przejechany odcinek drogi przez pojazd zasilany prądem wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

7.3 Emisja PM

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = 0.5 * (PMe(ote)) + 0.5 * (PMe(pa)) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = 0.5 * (PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT)$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = 0.5 * (PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT) + 0.5 * (PM(fpe) * RWFE_{ee} * E_{De} * MPG_{SJe} * DTe)$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

$PM(fp_e)$ – emisja PM przez prąd.

$RWFE_{ee}$ – rzeczywiste zużycie prądu przez auto na 100km.

E_{De} – gęstość energii wyrażana w MJ/kWh

MPG_{SJe} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT_e – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

8. Silniki CNG wskaźniki obliczeń CO_2 , NO_x , PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym. Dodatkowo obliczenia przygotowane zostały w oparciu o dane techniczne największego producenta instalacji autogaz w Polsce – firmy STAG. Dane do obliczeń emisji bazują na danych technicznych udostępnionych przez producenta danego auta.

8.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$CO_2(sm) = 0.6 * (CO_2e(ru)) + 0.6 * (CO_2e(pa)) + CO_2e(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

8.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$NO_x(sm) = 0.5 * (NO_xe(ote)) + 0.5 * (NO_xe(pa)) + NO_xe(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_xe(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_xe(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_xe(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchy wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(ru) = NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(pa) = NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

8.3 Emisja PM

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = 0.5 * (PMe(ote)) + 0.5 * (PMe(pa)) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

9. Silniki LPG wskaźniki obliczeń CO_2 , NO_x , PM

Do obliczeń posłużono się metodologią GREET uwzględniając fakt iż, obliczenia odnoszą się do cyklu w Trybie Mieszanym oraz jazdą w trybie normalnym. Dodatkowo obliczenia przygotowane zostały w oparciu o dane techniczne największego producenta instalacji autogaz w Polsce – firmy STAG. Dane do obliczeń emisji bazują na danych technicznych udostępnionych przez producenta danego auta.

9.1 Emisja CO_2

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji CO_2 na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$CO_2(sm) = 0.6 * (CO_2e(ru)) + 0.6 * (CO_2e(pa)) + CO_2e(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja dwutlenku węgla razem

$CO_2e(ru)$ – emisja dwutlenku węgla bezpośrednia przez rurę wydechową

$CO_2e(pa)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia przez paliwo

$CO_2e(po)$ – emisja dwutlenku węgla pośrednia masy auta

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji CO_2 ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(ru) = CO_2(ote) * MPG_{RWe} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(ote)$ – emisja dwutlenku węgla przez rurę wydechową podana przez producenta

MPG_{RWe} – czynnik MPG na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(pa) = CO_2(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji CO_2 masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$CO_2e(po) = CO_2(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$CO_2(fp)$ – emisja dwutlenku węgla przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

9.2 Emisja NO_x

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji NO_x na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$NO_x(sm) = 0.5 * (NO_xe(ote)) + 0.5 * (NO_xe(pa)) + NO_xe(po)$$

gdzie:

$CO_2(sm)$ – emisja NO_x razem

$NO_xe(ote)$ – emisja NO_x bezpośrednia przez rurę wydechową

$NO_xe(pa)$ – emisja NO_x pośrednia przez paliwo

$NO_xe(po)$ – emisja NO_x pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji NO_x ruchu wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(ru) = NO_x(ote) * NO_{xRWe} * NO_{xSJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(ote)$ – emisja NO_x przez rurę wydechową podana przez producenta

NO_{xRWe} – czynnik NO_x na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

NO_{xSJ} – czynnik NO_x na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_xe(pa) = NO_x(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji NO_x masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$NO_x e(po) = NO_x(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$NO_x(fp)$ – emisja NO_x przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

9.3 Emisja **PM**

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji PM na podstawie wskaźnika emisji przy założeniu, że pojazd przejechał 100 km.

$$PM(sm) = 0.5 * (PMe(ote)) + 0.5 * (PMe(pa)) + PMe(po)$$

gdzie:

$PM(sm)$ – emisja PM razem

$PMe(ote)$ – emisja PM bezpośrednia przez rurę wydechową

$PMe(pa)$ – emisja PM pośrednia przez paliwo

$PMe(po)$ – emisja PM pośrednia przez masę auta.

Wzór służący do obliczenia bezpośredniej emisji PM ruchy wydechowej auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(ru) = PM(ote) * PM_{RWe} * PM_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(ote)$ – emisja PM przez rurę wydechową podana przez producenta

PM_{RWe} – czynnik PM na podstawie szacunkowej rzeczywistej oszczędności paliwa

PM_{SJ} – czynnik PM na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM paliwa auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(pa) = PM(fp) * RWFE_e * E_D * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez paliwo.

$RWFE_e$ – rzeczywiste spalanie paliwa przez auto na 100km.

E_D – gęstość energii wyrażana w MJ/l

MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

Wzór służący do obliczenia pośredniej emisji PM masy pojazdu auta o silniku wysokoprężnym.

$$PMe(po) = PM(fp) * MP_{kg} * MPG_{SJ} * DT$$

gdzie:

$PM(fp)$ – emisja PM przez auto wyrażana w g/kg-km

MP_{kg} – masa pojazdu w kg.

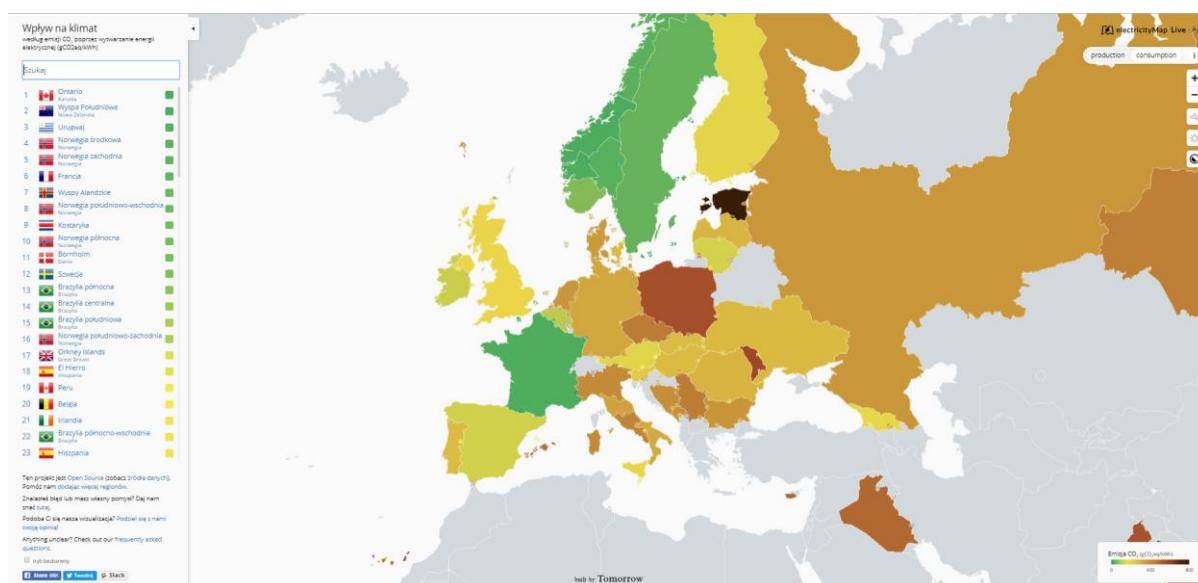
MPG_{SJ} – czynnik MPG na podstawie stylu jazdy.

DT – przejechany odcinek drogi przez pojazd wyrażany w km.

10. Emisja CO_2 dla aut elektrycznych bazując na ElectricityMap

ElectricityMap to interaktywna mapa wizualizująca w czasie rzeczywistym emisję gazów cieplarnianych (w przeliczeniu na CO_2) przez ślad zużycia energii elektrycznej zbudowana przez firmę TOMORROW. Mapa dostępna jest na stronie www.electricitymap.org.

Intensywność emisji dwutlenku węgla w każdym typie generowania prądu przez konkretny kraj uwzględnia emisje wynikające z całego cyklu życia zakładu (budowa, produkcja paliwa, emisje operacyjne i likwidacja).



Rysunek 1 Zrzut ekranu prezentujący wizualizację mapy Electricity Map

Intensywność emisji dwutlenku węgla w każdym kraju jest mierzona z perspektywy konsumenta. Stanowi ślad emisji gazów cieplarnianych wynoszący 1 kWh zużytej w danym kraju. Ślad mierzony jest w gCO_2 eq (gramach ekwiwalentu CO_2), co oznacza, że każdy gaz cieplarniany jest konwertowany na ekwiwalent CO_2 pod względem współczynnika ocieplenia globalnego w ciągu 100 lat (na przykład 1 g emitowanego metanu ma taki sam wpływ na globalne ocieplenie przez 100 lat jako ~ 20 gramów CO_2 w tym samym okresie).

Intensywność emisji dwutlenku węgla w każdym typie elektrowni uwzględnia emisje wynikające z całego cyklu życia zakładu (budowa, produkcja paliwa, emisje operacyjne i likwidacja). Zużycie i emisja pochodzą głównie z następującej literatury naukowej: IPCC (2014).

Każdy kraj ma przepływ masy CO_2 , który zależy od krajów sąsiadujących. W celu określenia śladu węglowego każdego kraju, zestaw sprzężonych równań bilansu masowego przepływu CO_2 każdego kraju musi zostać rozwiązany jednocześnie. Odbывается to poprzez rozwiązanie liniowego układu równań definiującego sieć wymiany gazów cieplarnianych. Metodologia obliczeń dostępna jest pod adresem: www.arxiv.org/abs/1812.06679.

Do bezpośrednich obliczeń CO_2 w odniesieniu do aut elektrycznych używa się następującej metodologii obliczeń, która bazuje zarówno na wcześniejszych obliczeniach GREET, ale także bierze pod uwagę jakość powietrza i emisje CO_2 w odniesieniu do badanego kraju.

$$CO_2(EM) = E_{kwh/100km} * BK$$

Gdzie:

$E_{kwh/100km}$ – zużycie prądu przez auto na 100km.

BK - gCO_2eq/kW (gramach ekwiwalentu CO_2) czyli emisja CO_2 badanego kraju.

Metodologię obliczeń CO_2 porównuje się do metodologii GREET w celu weryfikacji błędów obliczeń i stosuje się współczynnik korygujący podający uśrednione wartości CO_2 GREET oraz metodologii obliczeń ElectricityMap. W ten sposób otrzymuje się precyzyjnie ustalony wynik emisji CO_2 dla badanego kraju.

11. Emisja dla rowerów elektrycznych – metodologia obliczeń

11.1 Emisja CO_2

Według raportu^{xxiii} ECF jazda na rowerze odpowiada za emisję na poziomie 21g/km. Obliczenia obejmowały w raporcie emisje związane z produkcją, konserwacją i paliwem. Oparte były na ciężkim 19kg rowerze miejskim w stylu europejskim zbudowanym z 14,6kg aluminium, 3,7kg stali i 1,6kg gumy oraz kosztach produkcji dodatkowych kalorii spożywanych przez rowerzystę, a nie kierowcę. Aby do emisji zanieczyszczeń w kalkulatorze uwzględnić również motor roweru elektrycznego w metodologii obliczeń posłużono się ekwiwalentem zużycia kWh na odcinku 100km do precyzyjnych obliczeń. Wszystko obliczono według następującego wzoru (uwzględniając również dane z ElectricityMap dla badanego kraju):

$$CO_2(RM) = (E_{kwh/100km} * BK) + (100 * (CO_2ecf))$$

Gdzie:

$(E_{kwh/100km} * BK)$ – zużycie prądu przez rower na 100km pomnożone przez gCO_2eq/kW (gramach ekwiwalentu CO_2) czyli emisja CO_2 badanego kraju.

$100 * (CO_2ecf)$ – emisja CO_2 według raportu ECF pomnożona przez 100km.

11.2 Emisja PM i NO_x

Emisja azotu tlenków (NO_x) i cząstek stałych (PM_{10}) jest na tyle mała lub/i żadna, że na odcinku 100 kilometrów zastosowano uproszczenie stanowiące podstawę do obliczeń tlenków NO_x i cząstek stałych PM na podstawie masy całkowitej roweru wraz z motorem oraz emisji tych zanieczyszczeń przy procesie produkcji roweru. Uśredniono, że ciężar ten wynosi ok. 30kg, natomiast zanieczyszczenia NO_x wynoszą 0.00750 kg-km, ustalono również, że współczynnik PM_{10} jest na tyle niski, że przyjęto 0 dla obliczeń przy pośredniej emisji zanieczyszczeń przez rower elektryczny.^{xxiv}

$$PMe(r) = PM(r) * MR_{kg} * DT$$

gdzie:

$PM(r)$ – emisja PM przez rower wyrażana w g/kg-km równa 0.00750kg-km

MR_{kg} – masa pojazdu w kg (30kg)

DT – przejechany odcinek drogi przez rower wyrażany w km. (100km)

$$NOx(r) = NOx(r) * MR_{kg} * DT$$

gdzie:

$NOx(r)$ – emisja PM przez rower wyrażana w g/kg-km równa 0.

MR_{kg} – masa pojazdu w kg. (30kg)

DT – przejechany odcinek drogi przez rower wyrażany w km. (100km)

Spis ilustracji

Rysunek 1 Zrzut ekranu prezentujący wizualizację mapy ElectriCity Map	55
--	----

Dodatkowe źródła

[1]https://www.samar.pl/biblioteka-raportow?locale=pl_PL

[2]https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf

[3]<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/cars-co2-emissions-trends-by-manufacturer-3>

[4]<https://at.fuelo.net/?lang=en>

[5]<https://www.statista.com/markets/408/topic/436/electricity/>

[6]<http://equa.emissionsanalytics.com/>

[7]<https://www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/air-pollutant-emissions>

[8]https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Dont_Breathe_Here_report_FINAL.pdf

Przypisy końcowe

- ⁱ <https://www.energysavingtrust.org.uk/transport/electric-vehicles>
- ⁱⁱ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_carbon_dioxide_emissions
- ⁱⁱⁱ https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects/cleaner_drive.pdf
- ^{iv} <https://www.nextgreencar.com/content/NGC-Emissions-Calculator-Methodology-2016-v2-3.pdf>
- ^v https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final.pdf
- ^{vi} <https://www.nextgreencar.com/emissions/types-impact/>
- ^{vii} <https://www.nextgreencar.com/emissions-calculator/skoda/fabia/68618/>
- ^{viii} <https://www.nextgreencar.com/view-car/66900/renault-clio-1.5-dci-iconic-90-my18-diesel-manual-5-speed/>
- ^{ix} <https://www.renault.pl/content/dam/Renault/PL/pdf/pricelists/clio-price.pdf>
- ^x <https://www.nextgreencar.com/view-car/67625/toyota-yaris-1.5-vvt-i-active-hybrid-auto-petrol-hybrid-automatic/>
- ^{xi} <https://www.nextgreencar.com/emissions-calculator/vw/e-up!/60868/>
- ^{xii} <https://www.nextgreencar.com/view-car/65013/skoda-octavia-estate-1.5-tsi-se-150ps-act-petrol-manual-6-speed/>
- ^{xiii} <https://www.nextgreencar.com/view-car/63336/skoda-octavia-estate-1.6-tdi-s-115ps-dsg-diesel-semi-automatic-7-speed/>
- ^{xiv} <https://www.dacia.pl/content/dam/Dacia/PL/pdf/pricelists/logan-price.pdf>
- ^{xv} https://www.gazprom-germania.de/fileadmin/templates/pdf/presse/GUTE_FAHRT_CNG_-Special_1801.pdf
- ^{xvi} <https://www.nextgreencar.com/view-car/65859/toyota-auris-1.8-vvt-i-icon-hybrid-auto-petrol-hybrid-automatic/>
- ^{xvii} <https://www.nextgreencar.com/emissions-calculator/nissan/leaf/70936/>
- ^{xviii} <https://www.nextgreencar.com/view-car/70237/nissan-qashqai-1.3-dig-t-visia-140ps-petrol-manual-5-speed/>
- ^{xix} <https://www.nextgreencar.com/view-car/70242/nissan-qashqai-1.5-dci-visia-115ps-diesel-manual-6-speed/>
- ^{xx} <https://www.dacia.pl/content/dam/Dacia/PL/pdf/pricelists/new-duster-price.pdf>
- ^{xxi} <https://www.nextgreencar.com/view-car/70718/toyota-rav4-2.5-vvt-i-icon-hybrid-auto-petrol-hybrid-automatic/>
- ^{xxii} <https://www.nextgreencar.com/emissions-calculator/tesla/model-x/63388/>
- ^{xxiii} <https://ecf.com/groups/cycle-more-often-2-cool-down-planet-quantifying-co2-savings-cycling>
- ^{xxiv} Electric and Hybrid Vehicles 1st Edition Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market